

Izračun stroškov emisij toplogrednih plinov zaradi zamud na AC in HC – avgust

Dragomelj, 25. 11. 2025

Naziv	Prometno-inženirska operativna podpora v NCUP
Naročnik	Ministrstvo za infrastrukturo, Tržaška cesta 19, 1000 Ljubljana (NCUP)
Št. pogodbe	2430-22-100031
Predstavniki naročnika	dr. Matej Vovk
Izvajalec	Appia d.o.o.
Predstavniki izvajalca	Goran Jovanovič
Trajanje projekta	1.5.2022 – 30.4.2027
Avtorji dokumenta	Jure Dolenc, Gregor Klobčar

1 POVZETEK

S pomočjo programa PTV Optima in podatkovnega skladišča NCUP so v nalogi analizirani zastoji na avtocestnem omrežju v Sloveniji in njihov vpliv na zamude in na izpuste CO₂ in z njimi povezane stroške. Hkrati spremljamo tudi število vozil na avtocestnem omrežju in povprečno hitrost, kako se le-te spreminjajo skupaj s povprečnimi zamudami. Podatki o številu vozil in o zamudah so podani v enournih intervalih.

Postopek izdelave analize:

- Pridobitev vhodnih podatkov iz podatkovnega skladišča NCUP (število vozil, skupne zamude vseh vozil,...),
- določitev deleža osebnih in tovornih vozil na AC in HC v mesecu avgustu 2025,
- določitev deležev vozil po pogonskem gorivu,
- določitev povprečne porabe vozil po posameznem pogonskem gorivu,
- povečati povprečno porabo vozil, tako da ustreza porabi goriva v zastoju,
- izbrati oceno oziroma prag (kdaj je vozilo v zastoju), da dobimo število vozil v zastoju,
- določitev emisijskih faktorjev po posamezni vrsti pogonskega goriva,
- izračun skupnih količin emisij CO₂ (kg) po dani formuli in
- izračun skupnih stroškov emisij (€).

V mesecu avgustu 2025 ocenjujemo, da je bilo v zastojih »porabljenih« 264,19 ton emisij CO₂ in 18.493 € na prevožen kilometer avtocestnega omrežja. Torej je bila skupna količina emisij na celotnem omrežju 325.477 ton CO₂, kar pomeni, da so skupni stroški zastojev enaki 22,8 milijona evrov.

2 UVOD

Razlog za zamude na cestah so predvsem vsakodnevni prometni zastoji, ki najpogosteje nastanejo zaradi naslednjih dejavnikov:

- **Prekomerna gostota prometa:** Ko število vozil preseže kapaciteto cestne infrastrukture. To se običajno zgodi med prometnimi konicami, na območjih z visoko gostoto prebivalstva.
- **Prometne nesreče:** Nesreče na cesti povzročijo oviranje prometa, zaradi česar vozila ne morejo nemoteno prehitevati in se začnejo zbirati v zastojih.
- **Vreme:** Slabo vreme (dež, sneg, megla) lahko zmanjša vidljivost ali vpliva na oprijem cestišča, kar vodi v počasnejšo vožnjo in posledično nastajajo zastoji.
- **Gradbišča in zapore cest:** Ko so ceste zaprte ali delno zaprte zaradi gradbenih del, zmanjša prehodnost in ustvarja ozke točke, kjer se promet upočasni.
- **Zastoji zaradi vozil, ki se vključujejo v promet:** Nepravilno vključevanje vozil, počasni uvozi iz stranskih cest ali na primer vožnja na prekratek razmik lahko privede do nenadnih upočasnitev prometa.

Zastoji so pogosto tudi posledica kombinacije zgoraj naštetih dejavnikov, zaradi katerih se vozila ne morejo premikati nemoteno. Vse to vodi do nastanka dolgega in počasnega toka vozil, kar ustvarja prometne zastoje. Zastoji, ki se pojavljajo periodično v istem času dneva so posledica prometne ureditve oziroma prekomernih obremenitev posameznega odseka ceste.

Namen naloge je analizirati zamude na avtocestnem omrežju v Sloveniji in kakšne vplive imajo te zamude na izpuste CO₂ in z njimi povezane stroške. Hkrati spremljamo tudi število vozil na avtocestnem omrežju in povprečno hitrost, kako se le-te spreminjajo skupaj s povprečnimi zamudami.

Analizirani so podatki v mesecu avgustu 2025, po eno-urnem intervalu.

3 ANALIZA

Analiziran je mesec avgust 2025, območje obravnave je slovensko avtocestno omrežje (avtoceste in hitre ceste).

Uporabljen je program PTV Optima, ki beleži podatke o zamudah, številu vozil in povprečni hitrosti, ki se hranijo v podatkovnem skladišču NCUP, kar nam omogoča izvajanje analiz. V sklopu te analize nas zanimajo zamude vozil, hitrost, izpusti CO₂ ter stroški teh izpustov.

Vhodni podatki za izdelavo analize so število vseh vozil na omrežju AC in HC ter skupne zamude vseh vozil na omrežju. Nimamo podatka o absolutnem številu vozil, ki se v nekem času dejansko nahajajo v zastoju. Skupna dolžina AC in HC je ocenjena na 1232 km (Vir: Ministrstvo za infrastrukturo).

Zamude vseh vozil na AC in HC, so v programu PTV Optima definirane kot razlika med dejanskim in optimalnim časom potovanja. Ker nimamo podatka o tem, koliko vozil je dejansko v zastoju (imamo le podatke o številu vseh vozil), je potrebno določiti prag, nad katerim štejemo, da je vozilo v zastoju. Za potrebe analize smo predpostavili prag 30 sekund, kar pomeni, da je vozilo »v zastoju«, ko njegova zamuda znaša več kot 30 sekund. S to predpostavko smo dobili podatek o vozilih, ki so bila v zastoju.

Ta ocena predpostavlja, da so zamude enakomerno porazdeljene med vozili, kar morda ni povsem natančno, a nam služi kot približna ocena.

3.1 Metodologija izračuna

3.1.1 Delež vozil po kategoriji in porabi goriva

Iz podatkov avtocestnih števecv prometa za avgust 2025, smo iz števnih podatkov izračunali skupno število osebnih in tovornih vozil zabeleženih na vseh števcih in tako dobili delež osebnih in tovornih vozil. Rezultati so naslednji:

Tabela 1: Kategorizacija prometa na AC in HC

VRSTA VOZIL	DELEŽ (%)
Osebna vozila	92,0
Tovorna vozila	8,0

Pod osebna vozila so upoštevana:

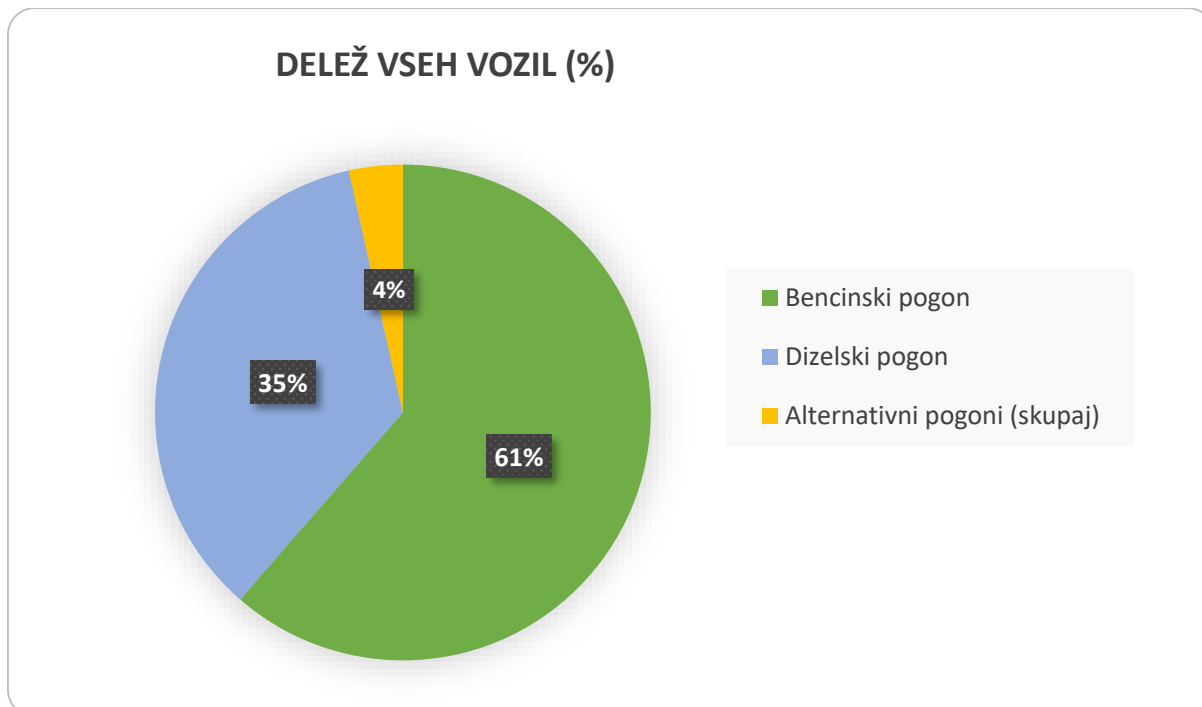
- motorna kolesa (MO),
- osebna vozila (OA),
- lahka tovorna vozila (LT) in
- neprepoznavna vozila (XX).

Pod tovorna vozila so upoštevana:

- srednja tovorna vozila (ST),
- težka tovorna vozila (TT),
- tovorna vozila s priklopnikom (TP),
- vlačilci (TTP) in
- avtobusi (BUS).

V naslednjem koraku smo določili delež osebnih vozil po vrsti pogonskega goriva. Po podatkih Statističnega urada Republike Slovenije (SURS) za leto 2022, je bilo v Sloveniji registriranih približno 1.207.755 osebnih vozil.

Graf 1: Grafični prikaz deleža vozil po vrsti pogonskega goriva

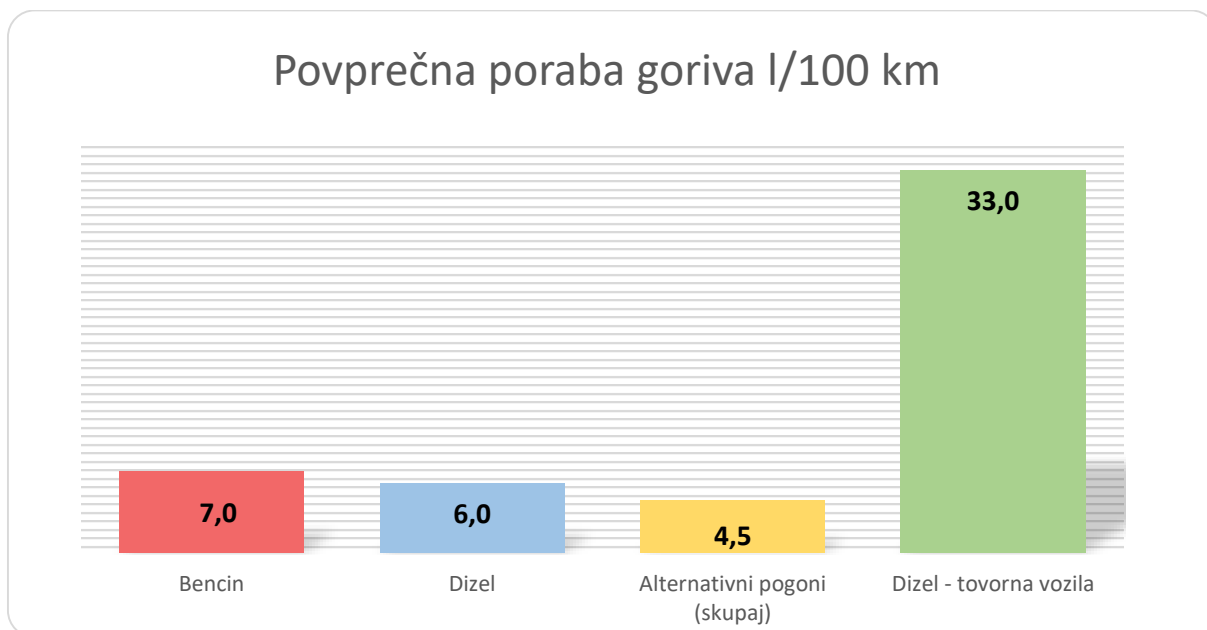


V podatkih Evropske okoljske agencije (Vir: [EEA Guidebook 2019](#)) je zapisano, da delež dizelskih pogonskih goriv v tovornem prometu znaša 95%. Razlogi za to so visoka energijska gostota, dobra razpoložljivost in optimalen navor za težke tovore. Navajajo, da se povprečna poraba teh vozil giblje med 28–40 l/100 km za tipične 40-tonske vlačilce. Povprečna poraba variira glede na težo tovora, tipa terena, hitrosti vožnje,...

Podobno porabo goriva je zabeležila tudi študija Nemške okoljske agencije (UBA) iz leta 2015, kjer povprečna poraba goriva za nova tovorna vozila EURO VI znaša približno 34,5 litra na 100 km. Neodvisni testi pa kažejo, da dejanska poraba v praksi znaša med 33 in 36 litrov na 100 km. Za potrebe analize smo predpostavili, da je delež vseh dizelskih tovornih vozil na slovenskem avtocestnem omrežju 100%, njihova povprečna poraba goriva pa je ocenjena na 33 l/100 km.

Za potrebe izračuna emisij CO₂ potrebujemo tudi povprečno porabo osebnih vozil.

Graf 2: Povprečna poraba goriva (Vir: MZI, International Energy Agency)



Podatki, predstavljeni v Graf 2, prikazujejo povprečje različnih testiranj in statističnih analiz za osebna vozila, ki vozijo predvsem po avtocestah. Alternativna goriva vključujejo električna vozila, hibridna vozila in vozila na plinski pogon (LPG, CNG).

Za potrebe računanja izgub emisij CO₂ v zastoju je povprečno porabo vozil potrebno prilagoditi za primer, ko se vozilo nahaja v zastoju. Študij in raziskav na to temo je zelo veliko in tudi ugotovljeni rezultati, za koliko se poraba goriva poveča, zelo variirajo.

Tabela 2: Povečanje porabe goriva zaradi zastojev

Vozila	Povečanje porabe goriva (%)	Vir
Osebna vozila	≈ 40 %	Evropska agencija za okolje (EEA), Transport Research Laboratory (TRL)
Tovorna vozila	50 % do 70 % ali več	Združenje evropskih proizvajalcev avtomobilov (ACEA)

Za potrebe analize smo za osebna vozila izbrali povečanje za 40%, za tovorna vozila pa povečanje za 70%.

Povečana povprečna poraba goriv za posamezna vozila so prikazana v Tabela 3.

Tabela 3: Povečana povprečna poraba goriva vozil zaradi zastoja

Tip goriva	Povečana povprečna poraba (l/100 km)
Bencin	9,8
Dizel	8,4
Alternativna goriva (ekvivalent l/100 km)	6,3
Dizel (tovorna vozila)	56,1

3.1.2 Izračun emisij CO₂

Osnovna enačba za izračun emisij CO₂:

$$\text{Emisije CO}_2 = \text{Poraba goriva} \times \text{Emisijski faktor}$$

- Emisije CO₂ – količina ogljikovega dioksida, izražena običajno v kilogramih (kg) ali tonah (t).
- Poraba goriva – količina porabljenega goriva (litri/100 kilometrov).
- Emisijski faktor (EF) – količina CO₂, ki nastane pri zgorevanju enote goriva (izražen v kg CO₂/enoto goriva).

Za potrebe izračuna smo določili še emisijske faktorje (Tabela 4) za vsako pogonsko gorivo vozil.

Tabela 4: Emisijski faktorji

Gorivo	Emisijski faktor CO ₂	Vir
Bencin	2,31 kg CO ₂ /l	IPCC Guidelines 2006, EEA Guidebook 2023
Dizel	2,68 kg CO ₂ /l	IPCC Guidelines 2006, EEA Guidebook 2023
Alternativni pogoni (skupaj)	1,38 kg CO ₂ /l	EEA Guidebook 2019

Opomba: Emisijski faktor za dizelski pogon je enak, tako za osebna vozila, kot tudi za tovorna vozila. Pri izračunu emisij dizelskega goriva, se torej razlikujeta zaradi povprečne porabe goriva za osebni in tovorni promet.

Cilj je izračunati skupno količino emisij, po obeh kategorijah vozil (osebni, tovorni) in tudi po pogonskem gorivu.

Torej je enačba za izračun skupnih emisij naslednja:

$$\text{Skupne emisije CO}_2 = (\text{Pb} \times \text{EFb}) + (\text{Pd} \times \text{EFd}) + (\text{Pa} \times \text{EFa}) + (\text{Pt} \times \text{EFd})$$

Pomen oznak v enačbi:

- Pb → povprečna poraba bencina (l/100km)
- EFb → emisijski faktor za bencin
- Pd → povprečna poraba dizelskega goriva (l/100km)
- EFd → emisijski faktor za dizel
- Pa → povprečna poraba alternativnih goriv (ekvivalent l/100km)
- EFa → emisijski faktor za alternativna goriva
- Pt → povprečna poraba dizla – težka tovorna vozila (l/100km)

3.1.3 Stroški emisij CO₂

Trenutna cena (marec 2025) emisij CO₂, v okviru Evropskega sistema trgovanja z emisijami (EU ETS), se giblje okoli 70 € na tono, ki smo jo privzeli za potrebe analize in primerjave stroškov emisij CO₂ za vse mesece v letu 2025. To je povprečna cena, ki jo plačujejo podjetja za emisijske enote, potrebne za pokritje njihovih emisij CO₂. Cena se lahko spreminja glede na tržne razmere in politiko EU.

Za izračun stroškov emisij, lahko uporabimo naslednjo enačbo:

$$\text{Stroški emisij} = \text{Emisije CO}_2 \text{ (v kg)} \times (\text{Cena CO}_2 \text{ (€/tono)}) / 1000$$

Pojasnilo delov enačbe:

- Emisije CO₂ (v kg) – skupna količina izpustov CO₂, ki jih povzročijo vozila pri vožnji ali v zastoju.
- Cena CO₂ (€/tono) – tržna cena emisij CO₂ na trgu EU ETS (marec 2025).

Tako bomo za posamezna vozila določili mesečno količino emisij CO₂, ki nastaja zaradi zastojev in s pomočjo zgornje enačbe določili stroške emisij celega meseca na kilometer.

Izračunane stroške pomnožimo z dolžino celotnega avtocestnega omrežja in tako določimo skupno količino emisij in stroškov le-teh.

3.2 Rezultati

- Vhodni podatki

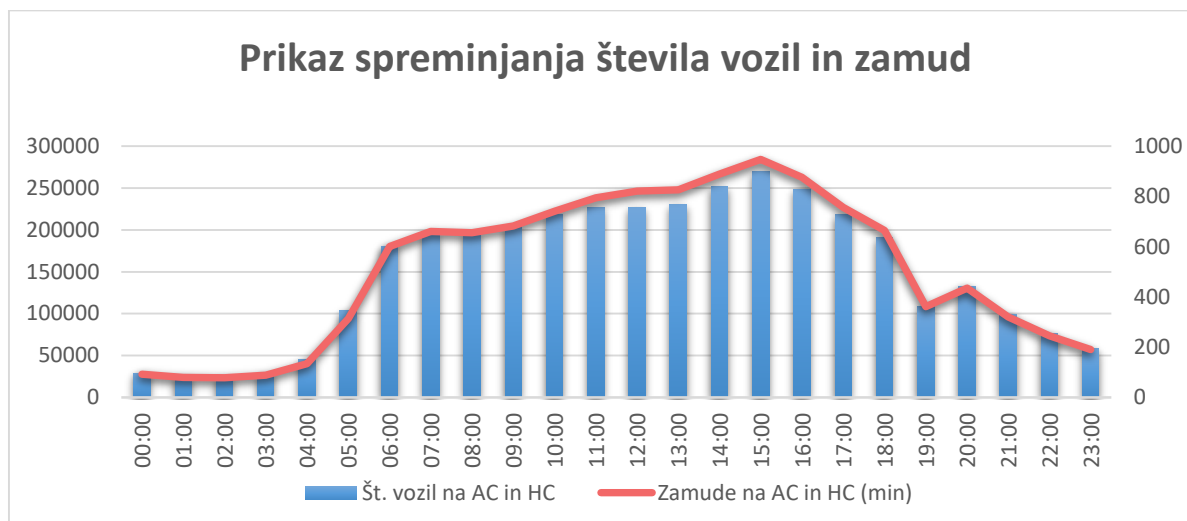
Podatki so skladiščeni v podatkovni bazi NCUP. Za to analizo smo, prenesli število vseh vozil po urnem intervalu na avtocestnem omrežju in skupno vrednost zamud teh vozil v minutah.

Primer podatkov iz tabele je prikazan na Tabela 5.

Tabela 5: Izsek dela vhodnih podatkov po intervalu 1h (7.8.2025)

startTs	endTs	Št. vozil na AC in HC	Zamude na AC in HC (min)
07.08.2025 00:00	07.08.2025 01:00	29046	93
07.08.2025 01:00	07.08.2025 02:00	25091	80
07.08.2025 02:00	07.08.2025 03:00	24768	79
07.08.2025 03:00	07.08.2025 04:00	28413	89
07.08.2025 04:00	07.08.2025 05:00	44866	134
07.08.2025 05:00	07.08.2025 06:00	103389	314
07.08.2025 06:00	07.08.2025 07:00	180754	601
07.08.2025 07:00	07.08.2025 08:00	195034	661
07.08.2025 08:00	07.08.2025 09:00	194940	655
07.08.2025 09:00	07.08.2025 10:00	204000	683
07.08.2025 10:00	07.08.2025 11:00	219065	741
07.08.2025 11:00	07.08.2025 12:00	227134	794
07.08.2025 12:00	07.08.2025 13:00	226764	821
07.08.2025 13:00	07.08.2025 14:00	230641	827
07.08.2025 14:00	07.08.2025 15:00	251777	888
07.08.2025 15:00	07.08.2025 16:00	269345	948
07.08.2025 16:00	07.08.2025 17:00	248979	876
07.08.2025 17:00	07.08.2025 18:00	217825	757
07.08.2025 18:00	07.08.2025 19:00	191239	665
07.08.2025 19:00	07.08.2025 20:00	108009	361
07.08.2025 20:00	07.08.2025 21:00	131852	435
07.08.2025 21:00	07.08.2025 22:00	98884	320
07.08.2025 22:00	07.08.2025 23:00	76196	246
07.08.2025 23:00	08.08.2025 00:00	58326	190

Graf 3: Prikaz spreminjanja števila vozil in zamud na omrežju (7.8.2025)



- Dopolnitev podatkov tabele z izračuni**

V tem sklopu smo določili delež osebnih in tovornih vozil na AC in HC v celotnem mesecu, delež vozil po pogonskem gorivu in izbrali oceno oziroma prag (kdaj je vozilo v zastoju), da smo dobili število vozil v zastoju.

Tabela 6: Izsek dela izračuna po urnem interval (7.8.2025)

startTs	Št. vozil v zastoju	Št. OA	Št. TV	Št. - Bencin	Št. - Dizel	Št. - Alt. pogon
07.07.2025 00:00	161	143	16	88	50	5
07.07.2025 01:00	138	123	14	75	43	4
07.07.2025 02:00	137	122	14	75	43	4
07.07.2025 03:00	173	154	17	95	54	5
07.07.2025 04:00	318	283	32	174	99	10
07.07.2025 05:00	856	762	86	468	267	27
07.07.2025 06:00	620	552	62	339	194	19
07.07.2025 07:00	1737	1546	174	949	543	54
07.07.2025 08:00	1592	1417	159	870	497	50
07.07.2025 09:00	1794	1597	179	981	561	56
07.07.2025 10:00	1966	1750	197	1074	614	61
07.07.2025 11:00	2024	1802	202	1106	632	63
07.07.2025 12:00	2145	1909	214	1172	670	67
07.07.2025 13:00	2180	1940	218	1191	681	68
07.07.2025 14:00	2257	2009	226	1233	705	70
07.07.2025 15:00	2743	2441	274	1499	857	85
07.07.2025 16:00	2259	2011	226	1234	706	70
07.07.2025 17:00	1805	1606	180	986	564	56
07.07.2025 18:00	1346	1198	135	736	421	42
07.07.2025 19:00	946	842	95	517	295	29
07.07.2025 20:00	688	612	69	376	215	21
07.07.2025 21:00	460	410	46	252	144	14
07.07.2025 22:00	338	301	34	185	106	11
07.07.2025 23:00	214	190	21	117	67	7

- **Izračun količine emisij CO₂ (v kg) in stroškov teh emisij (v €)**

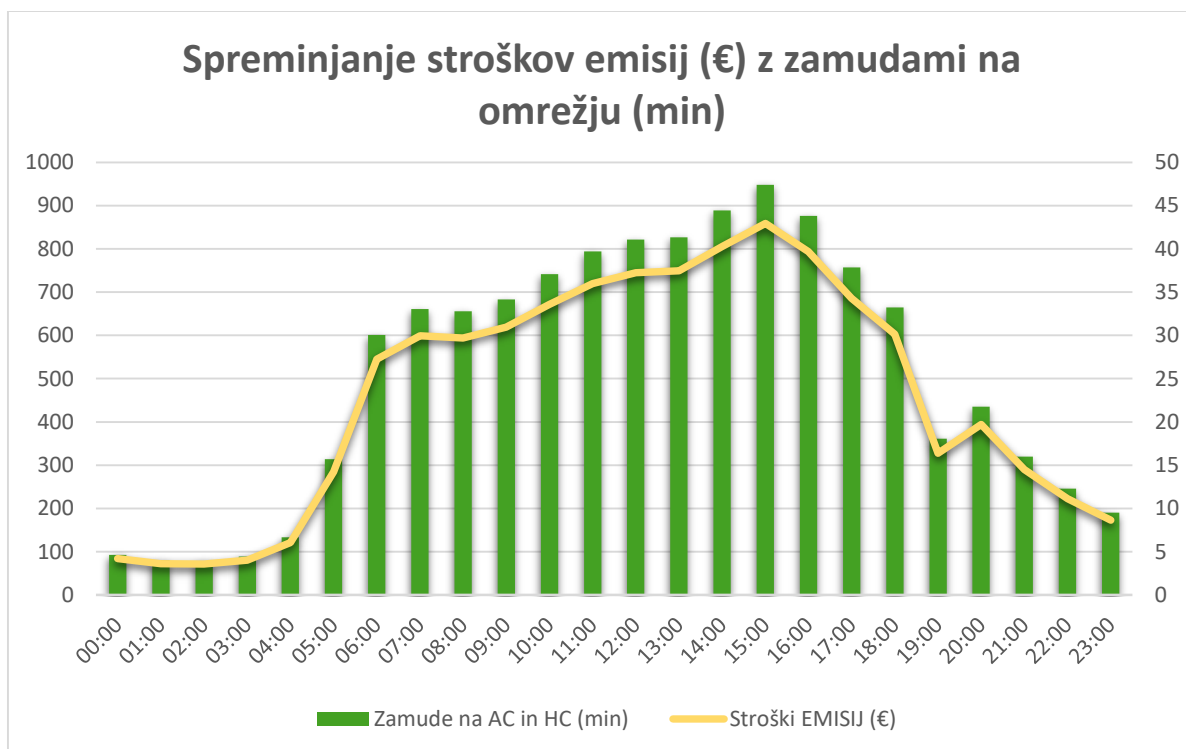
Obstoječi tabeli smo dodali še dva stolpca, in sicer za izračun količin emisij (kg) po dani formuli in izračun skupnih stroškov emisij (€). Primer izračuna je prikazan na Tabela 7.

Tabela 7: Izsek dela izračuna emisij in stroškov po urnem interval (7.8.2025)

startTs	Št. Vozil	Zamude na AC (min)	Št. vozil v zastoju	Količina EMISIJ CO ₂ (kg)	Stroški EMISIJ (€)
07.07.2025 00:00	29046	93	185	60	4
07.07.2025 01:00	25091	80	160	52	4
07.07.2025 02:00	24768	79	157	51	4
07.07.2025 03:00	28413	89	177	57	4
07.07.2025 04:00	44866	134	267	87	6
07.07.2025 05:00	103389	314	628	203	14
07.07.2025 06:00	180754	601	1202	389	27
07.07.2025 07:00	195034	661	1321	428	30
07.07.2025 08:00	194940	655	1311	424	30
07.07.2025 09:00	204000	683	1366	442	31
07.07.2025 10:00	219065	741	1483	480	34
07.07.2025 11:00	227134	794	1588	514	36
07.07.2025 12:00	226764	821	1643	532	37
07.07.2025 13:00	230641	827	1653	535	37
07.07.2025 14:00	251777	888	1777	575	40
07.07.2025 15:00	269345	948	1895	613	43
07.07.2025 16:00	248979	876	1752	567	40
07.07.2025 17:00	217825	757	1513	490	34
07.07.2025 18:00	191239	665	1329	430	30
07.07.2025 19:00	108009	361	723	234	16
07.07.2025 20:00	131852	435	870	281	20
07.07.2025 21:00	98884	320	640	207	15
07.07.2025 22:00	76196	246	491	159	11
07.07.2025 23:00	58326	190	381	123	9

Iz tabel je lepo razvidno, kako se v času popoldanske prometne konice, poveča število vozil in s tem tudi časovne zamude na avtocestnem omrežju. Tekom meseca je bilo tako največ zamud vsakodnevno generiranih med 7:00 – 10:00 in med 14:00 – 16:00.

Graf 4: Prikaz spreminjanja stroškov emisij z zamudami na obravnavanem omrežju (7.8.2025)



V zadnjem koraku smo sešteli vse urne intervale v mesecu in dobili skupno količino emisij in pripadajoče stroške na kilometer prevožene razdalje.

Tabela 8: Količina in stroški emisij

Količina EMISIJ CO₂:	264,19 ton/km
Stroški EMISIJ CO₂:	18.493 €/km

Če želimo dobiti skupne emisije in stroške, moramo zgornja rezultata pomnožiti s skupno dolžino avtocestnega omrežja, v obe smeri vožnje (1232 km) in dobimo končno oceno stroškov.

Tabela 9: Skupna količina in skupni stroški emisij

Skupna količina EMISIJ CO₂:	325.477 ton
Skupni stroški EMISIJ CO₂:	22.783.397 €

4 ZAKLJUČEK

S pomočjo programa PTV Optima in podatkovnega skladišča NCUP so bile v nalogi analizirane zamude na avtocestnem omrežju v Sloveniji, ocenjen pa je bil tudi njihov vpliv na izpuste CO₂ in z njimi povezane stroške. Analizirali smo število vozil na avtocestnem omrežju in povprečno hitrost, ki se spreminja skupaj s povprečnimi zamudami. Podatki o številu vozil in o zamudah so podani po intervalu 1 ura.

Zamude vseh vozil na AC in HC, so v programu PTV Optima definirane kot razlika med dejanskim in optimalnim časom potovanja. Ker nimamo podatka o tem, koliko vozil je dejansko v zastoju (imamo le podatke o številu vseh vozil), smo določili prag, nad katerim štejemo, da je vozilo v zastoju.

Predpostavili smo prag 30 sekund, kar pomeni, da je vozilo »v zastoju« ko njegova zamuda znaša več kot 30 sekund. Ocena predpostavlja, da so zamude enakomerno porazdeljene med vsemi vozili na celotnem obravnavanem omrežju.

V mesecu avgustu 2025 ocenjujemo, da je bilo v zastojih »porabljenih« 264,19 ton emisij CO₂ in 18.493 € na prevožen kilometer avtocestnega omrežja. Torej je bila skupna količina emisij na celotnem omrežju 325.477 ton CO₂, kar pomeni, da so skupni stroški zastojev enaki 22,8 milijona evrov.

VIRI:

<https://www.researchgate.net/publication/242637915> Methods for the Calculation of CO₂ Emissions in Logistics Activities

<https://www.researchgate.net/publication/271499870> CO₂ emissions calculation models for green supply chain management

<https://www.researchgate.net/publication/355091154> Recommendations for a future global CO₂-calculation standard for transport and logistics

<https://www.researchgate.net/publication/320928076> Calculation of Selected Emissions from Transport Services in Road Public Transport

<https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/emep-eea-guidebook-2023>

<https://www.gov.uk/government/publications/greenhouse-gas-reporting-conversion-factors-2023>

https://www.reuters.com/sustainability/climate-energy/france-demands-eu-restricts-co2-emissions-price-document-shows-2025-03-27/?utm_source=chatgpt.com

https://www.stat.si/StatWeb/News/Index/12821?utm_source=chatgpt.com&utm_source=chatgpt.com

https://te-cdn.ams3.cdn.digitaloceanspaces.com/files/2015_06_Comparing_US_EU_truck_fuel_economy_explanatory_note_Final.pdf?utm_source=chatgpt.com

[\(PDF\) ASSESSING THE EFFECT OF TRAFFIC CONGESTION ON GREENHOUSE GAS EMISSIONS](#)

[Efficiency of the Consumption of Energy in the Road Transport of Goods in the Context of the Energy Crisis](#)

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1361920915002163>